

П. И. Ртищев, П. О. Селиванов, В. А. Хотиннов*

Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

*khotinov@yandex.ru

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ ПОСЛЕ КОНТРОЛИРУЕМОЙ ПРОКАТКИ И НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКИ

В работе изучены структура и комплекс механических свойств стали класса прочности Х80 после контролируемой прокатки и низкотемпературной обработки.

Исследована микроструктура стали типа 05Г2Б, определен размер структурных составляющих. Определены механические свойства стали для образцов, вырезанных перпендикулярно и параллельно направлению оси прокатки. Построены серийные кривые ударной вязкости и изучены поверхности образцов исследуемой стали.

Ключевые слова: феррит, контролируемая прокатка, бейнит, макроструктурный анализ, ударная вязкость.

P. I. Rtischev, P. O. Selivanov, V. A. Khotinov

STUDY OF THE STRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF LOW CARBON STEEL AFTER CONTROLLED ROLLING AND LOW TEMPERATURE TREATMENT

The structure and mechanical properties complex of X80 pipe grade steel after controlled rolling and low-temperature treatment were studied.

The microstructure of steel 05G2B has been studied, the size of the structural components has been determined. The mechanical properties of steel for samples cut perpendicularly and parallel to the direction of the rolling axis are determined. Serial curves of impact strength were constructed and the surfaces of the samples of the steel under investigation were investigated.

Key words: ferrite, controlled rolling, accelerated cooling, bainite, macrostructural analysis, impact toughness.

Эволюция составов трубопроводных сталей и способов их обработки стала отражением неуклонного повышения требований к широкому комплексу механических свойств, определяющих надежность конструкции трубопровода [1]. На протяжении последних десяти-

тилетий потребительские свойства трубопроводных сталей значительно возросли, что стало результатом существенных достижений в выплавке высокочистых микролегированных V, Nb, Ti сверхнизкоуглеродистых (до 0,05 % углерода) трубопроводных сталей, подвергнутых внепечной обработке и непрерывной разливке, и результатом применения прокатки со строго регламентируемым температурно-деформационным режимом и скоростью последеформационного охлаждения. С появлением контролируемой прокатки открылась возможность достижения класса прочности X70 и выше на феррито-бейнитно/мартенситной основе с пониженной долей C и Mn.

В работе исследованы образцы трубной стали 05Г2Б химического состава 0,008 мас. % C, 1,85 мас. % Mn, Σ (Ti, Nb, Cu) $\leq 0,1$ мас. %. после контролируемой прокатки и низкотемпературного отжига ($t_n = 250^\circ\text{C}$). Структура и механические свойства стали были изучены в направлении параллельном и перпендикулярном относительно оси прокатки.

Методом оптической микроскопии установлено, что структура стали представляет собой высокодисперсные зерна феррита и участки бейнита/мартенсита. В сечении, перпендикулярном направлению прокатки, распределение ферритных зерен по размеру носит бимодальный характер с пиками в области 2 и 6 мкм. В направлении, параллельном оси трубы, распределение ближе к нормальному с пиком в области 5 мкм.

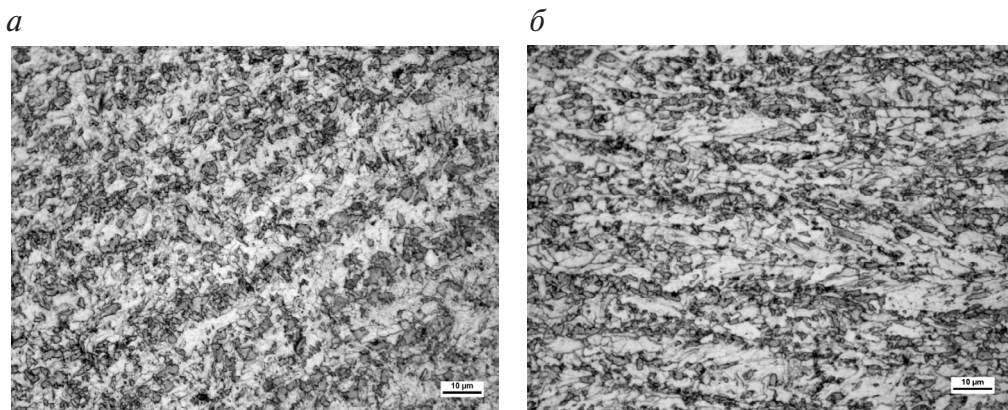


Рис. 1. Микроструктура стали 05Г2Б относительно направления прокатки:
a — перпендикулярно; *б* — параллельно

В результате испытаний на растяжение установлено, что в перпендикулярном направлении прокатки предел текучести составляет 615 МПа, предел прочности 700 МПа, в параллельном направлении 565 МПа и 670 МПа соответственно.

Низкотемпературная термообработка, имитирующая нанесение защитного покрытия, приводит к заметному повышению σ_t на 35 МПа в образцах, параллельных направлению прокатки, и незначительному снижению σ_t на 6 МПа в образцах, перпендикулярных направлению прокатки. Предел прочности после низкотемпературного нагрева возрастает на 15–19 МПа в образцах, вырезанных как поперек, так и вдоль направления прокатки.

Величина относительного удлинения составила 20,6 и 21,5 % для образцов, вырезанных в параллельном и перпендикулярном направлениях прокатки соответственно. Обнаружено, что низкотемпературный нагрев существенно не влияет на пластические свойства.

В результате испытаний на ударный изгиб обнаружено, что для образцов стали 05Г2Б, вырезанных перпендикулярно направлению прокатки, уровень ударной вязкости имеет более высокие значения по сравнению с таковыми, вырезанными параллельно направлению прокатки. Например, при $t_{исп} = -40^\circ\text{C}$ значение ударной вязкости было 3,21 и 2,75 МДж/м² для образцов, перпендикулярных и параллельных направлению прокатки соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Ишикава Н., Окатцу М., Кондо Д. Разработка высокопрочных труб для магистральных трубопроводов, рассчитанных на эксплуатацию в тяжелых геолого-климатических условиях // Наука и техника в газовой промышленности. 2009. № 1. С. 92–101.